Apéndice C

Manual de Usuario

En este apéndice se encuentra el Manual de Usuario del prototipo. Este manual contiene las partes que describen al prototipo, las ecuaciones de diseño de cada una de las topologías y con ejercicios sugeridos que se proponen al usuario.

Índice

1. Características del prototipo

La Figura 1 que se presenta a continuación ilustra las conexiones que se encuentran en la carátula del prototipo.

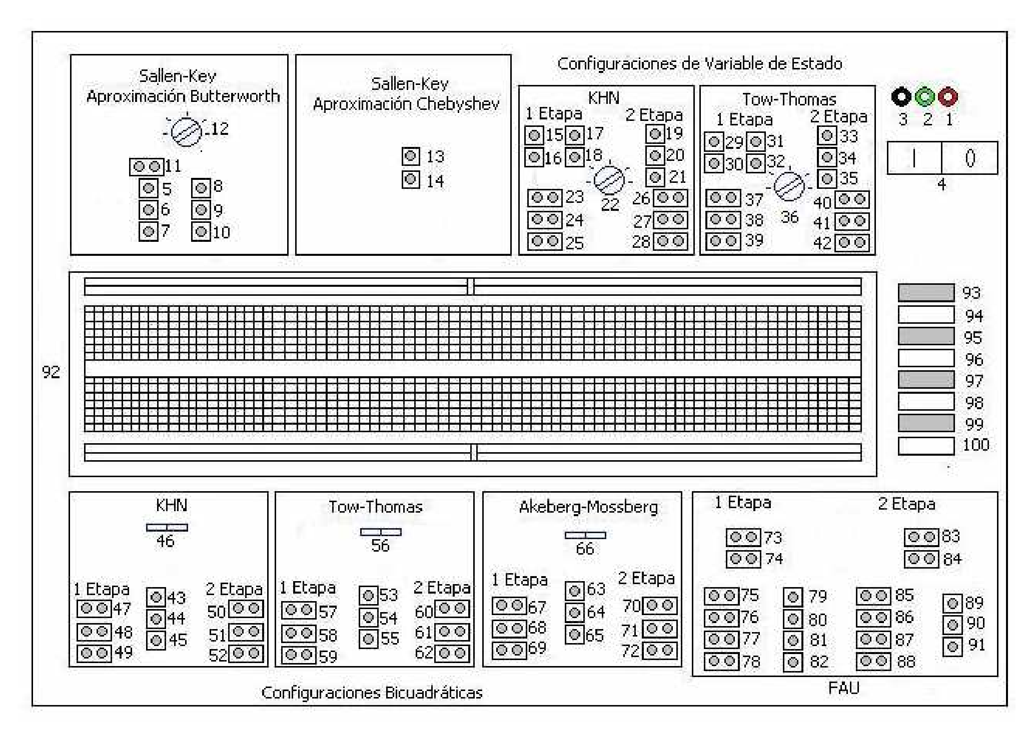


Figura 1 Carátula del prototipo "Laboratorio Analógico"

El listado que se presenta a continuación contiene la relación entre número-componente de la figura anterior.

1	Conector banana hembra +15 V
2	Conector banana hembra -15 V
3	Conector banana hembra 0 V
4	Interruptor encendido/apagado
5	Base conectora para Voltaje de Entrada Vin
6	Base conectora para Señal de Salida de Configuración Sallen-Key Butterworth de segundo orden
7	Base conectora para Señal de Salida de Configuración Sallen-Key Butterworth de tercer orden
8	Base conectora para Señal de Salida de Configuración Sallen-Key Butterworth de cuarto orden
9	Base conectora para Señal de Salida de Configuración Sallen-Key Butterworth de quinto orden
10	Base conectora para Señal de Salida de Configuración Sallen-Key Butterworth de sexto orden
11	Base conectora para cambio de resistencia variable R_f de la primera etapa
12	Perilla conmutadora entre la configuración de segundo orden con las de orden mayor

13	Base conectora para Señal de Entrada para Configuración Sallen-Key Chebyshev
14	Base conectora para Señal de Salida de Configuración Sallen-Key Chebyshev
15	Base conectora para Señal de Entrada a la Configuración KHN de Variable de Estado
16	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-altas de la primera etapa de la Configuración KHN Variable de Estado
17	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-banda de la primera etapa de la Configuración KHN Variable de Estado
18	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-bajas de la primera etapa de la Configuración KHN Variable de Estado
19	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-altas de la segunda etapa de la Configuración KHN Variable de Estado
20	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-banda de la segunda etapa de la Configuración KHN Variable de Estado
21	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-bajas de la segunda etapa de la Configuración KHN Variable de Estado
22	Perilla de conexión entre etapas. Conecta la salida pasa-alta pasa-banda o pasa-baja de la primera etapa a la entrada de la segunda.
23	Base conectora para cambio de resistencia R_1 de la Primera Etapa KHN Variable de Estado
24	Base conectora para cambio de resistencia R_2 de la Primera Etapa KHN Variable de Estado
25	Base conectora para cambio de resistencia R_4 de la Primera Etapa KHN Variable de Estado
26	Base conectora para cambio de resistencia R_1 de la Segunda Etapa KHN Variable de Estado
27	Base conectora para cambio de resistencia R_2 de la Segunda Etapa KHN Variable de Estado
28	Base conectora para cambio de resistencia R_4 de la Segunda Etapa KHN Variable de Estado
29	Base conectora para señal de entrada a la Configuración Tow-Thomas Variable de Estado
30	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-Banda de la Primera Etapa Tow Thomas Variable de Estado
31	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-bajas de la Primera Etapa Tow Thomas Variable de Estado
32	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-bajas Inversora de la Primera Etapa Tow Thomas Variable de Estado
33	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-Banda de la Segunda Etapa Tow Thomas Variable de Estado
34	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-bajas de la Segunda Etapa Tow Thomas Variable de Estado
35	Base conectora de la Señal de Salida Pasa-bajas Inversora de la Segunda Etapa Tow Thomas Variable de Estado
36	Perilla conmutadora entre las señales de salida de la primera etapa y la entrada de la segunda etapa
37	Base conectora de la resistencia variable R_1 de la Primera Etapa Tow-Thomas Variable de Estado
38	Base conectora de la resistencia variable R_2 de la Primera Etapa Tow-Thomas Variable de Estado
39	Base conectora de la resistencia variable R_3 de la Primera Etapa Tow-Thomas Variable de Estado

40	Base conectora de la resistencia variable R_1 de la Segunda Etapa Tow-Thomas Variable de Estado
41	Base conectora de la resistencia variable R_2 de la Segunda Etapa Tow-Thomas Variable de Estado
42	Base conectora de la resistencia variable R_3 de la Segunda Etapa Tow-Thomas Variable de Estado
43	Base conectora para la señal de entrada a la Configuración KHN Bicuadrática
44	Base conectora para la señal de salida de la primera etapa Configuración KHN Bicuadrática
45	Base Conectora de la Señal de salida de la segunda etapa Configuración KHN Bicuadrática
46	Interruptor que conmuta entre la salida de la primera etapa y la entrada de la segunda etapa.
47	Base conectora para la resistencia R_4 de la primera etapa Configuración KHN Bicuadrática
48	Base conectora para la resistencia R_5 de la primera etapa Configuración KHN Bicuadrática
49	Base conectora para la resistencia R_7 de la primera etapa Configuración KHN Bicuadrática
50	Base conectora para la resistencia R_4 de la segunda etapa Configuración KHN Bicuadrática
51	Base conectora para la resistencia R_5 de la segunda etapa Configuración KHN Bicuadrática
52	Base conectora para la resistencia R_7 de la segunda etapa Configuración KHN Bicuadrática
53	Base conectora para la señal de entrada a la Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
54	Base conectora para la señal de salida de la primera etapa Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
55	Base conectora para la señal de salida de la segunda etapa Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
56	Interruptor que conmuta la señal de salida de la primera etapa con la entrada de la segunda etapa
57	Base conectora para la resistencia R_1 de la primera etapa de la Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
58	Base conectora para la resistencia R_2 de la primera etapa de la Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
59	Base conectora para la resistencia R_7 de la primera etapa de la Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
60	Base conectora para la resistencia R_1 de la segunda etapa de la Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
61	Base conectora para la resistencia R_2 de la segunda etapa de la Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
62	Base conectora para la resistencia R_7 de la segunda etapa de la Configuración Tow-Thomas Bicuadrática
63	Base conectora para la señal de entrada de la Configuración Akeberg-Mossberg
64	Base conectora para la señal de salida de la primera etapa de la Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática
65	Base conectora para la señal de salida de la segunda etapa de la Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática
66	Interruptor que conmuta entre la salida de la primera etapa a la entrada de la segunda etapa.
67	Base conectora para la resistencia R_3 de la primera etapa de la Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática
68	Base conectora para la resistencia R_6 de la primera etapa de la Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática
69	Base conectora para la resistencia R_8 de la primera etapa de la Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática
70	Base conectora para la resistencia R_3 de la segunda etapa de la Configuración Akeberg-Mossberg

	Bicuadrática
71	Base conectora para la resistencia R_6 de la segunda etapa de la Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática
72	Base conectora para la resistencia R_8 de la segunda etapa de la Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática
73	Base conectora para la resistencia R_3 de la primera etapa Configuración FAU No Inversora
74	Base conectora para la resistencia R_8 de la primera etapa Configuración FAU Inversora
75	Base conectora para la resistencia R_1 de la primera etapa FAU
76	Base conectora para la resistencia R_2 de la primera etapa FAU
77	Base conectora para la resistencia R_4 de la primera etapa FAU
78	Base conectora para la resistencia R_7 de la primera etapa FAU
79	Base conectora para la señal de entrada a la Configuración FAU
80	Base conectora para la señal de salida pasa-altas de la primera etapa FAU
81	Base conectora para la señal de salida pasa-banda de la primera etapa FAU
82	Base conectora para la señal de salida pasa-bajas de la primera etapa FAU
83	Base conectora para la resistencia R_3 de la segunda etapa Configuración FAU No Inversora
84	Base conectora para la resistencia R_8 de la segunda etapa Configuración FAU Inversora
85	Base conectora para la resistencia R_1 de la segunda etapa FAU
86	Base conectora para la resistencia R_2 de la segunda etapa FAU
87	Base conectora para la resistencia R_4 de la segunda etapa FAU
88	Base conectora para la resistencia R_7 de la segunda etapa FAU
89	Base conectora para la señal de salida pasa-altas de la segunda etapa FAU
90	Base conectora para la señal de salida pasa-banda de la segunda etapa FAU
91	Base conectora para la señal de salida pasa-bajas de la segunda etapa FAU
92	Tablilla de prueba
93	Interruptor que energiza la topología Sallen-Key con aproximación Butterworth
94	Interruptor que energiza la topología Sallen-Key con aproximación Chebyshev
95	Interruptor que energiza la topología Variable de Estado KHN
96	Interruptor que energiza la topología Variable de Estado Tow-Thomas
97	Interruptor que energiza la topología Bicuadrática KHN
98	Interruptor que energiza la topología Bicuadrática Tow-Thomas
99	Interruptor que energiza la topología Bicuadrática Akeberg-Mossberg
100	Interruptor que energiza la topología FAU

Este prototipo cuenta con una fuente de alimentación propia que polariza internamente las topologías a +15.22 V y -14.91 V. Para poder hacer uso de alguna de las topologías es necesario

elegir del banco de interruptores la topología que se desee utilizar, esto permite que se energice dicha topología.

Adicionalmente a las configuraciones se provee al usuario una tablilla de pruebas y voltajes de alimentación de +15.22V, -14.91V y 0V.

Las medidas del prototipo son las siguientes (Figura 2):

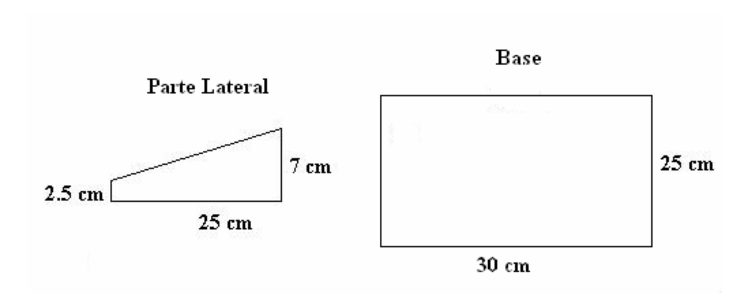


Figura 2 Medidas de Laboratorio Analógico

2. Topología Sallen Key

Esta configuración es la más limitada de todas. Puede ser implementada hasta sexto orden pero debe de cumplir con las siguientes características: pasa-bajas, Amax= 3 dB y fc= 1000 Hz. Internamente las conexiones de esta configuración son de la forma de la Figura 3.

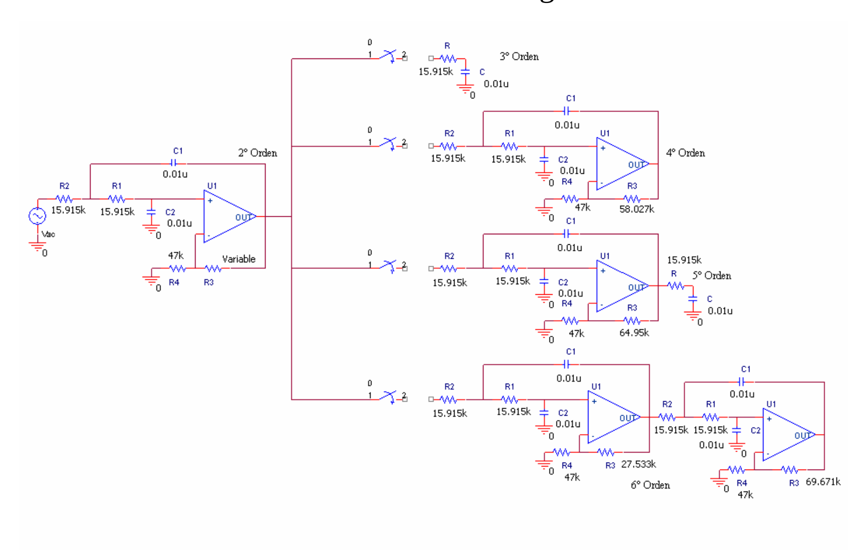


Figura 3. Configuración pasa-baja Sallen-Key

La única resistencia variable es R_3 de la etapa del lado izquierdo de la figura 3. El usuario debe de colocar la resistencia correcta en este lugar para obtener la salida que desea.

Se utiliza el método de diseño llamado “Diseño 1” para modelar esta configuración. Las ecuaciones de diseño se presentan a continuación.

$$R_1=R_2=R\ ; \quad C_1=C_2=C; \quad RC=\frac{1}{\omega_n}; \quad K=3-\frac{1}{Q}; \quad R_3=(K-1)R_4$$

3. Ecuaciones de Diseño

En este apartado se presentan las ecuaciones de diseño que deben ser utilizadas para cada topología. Todas las topologías a excepción del Filtro Activo Universal tienen la frecuencia de corte ubicada en 1000 Hz. Para el filtro activo Universal el parámetro de frecuencia de corte es libre de elegir.

Se utiliza en las ecuaciones de diseño “*kz*”, la cual es la constante de desnormalización y su valor equivale a k_z = 15 915.49431 para todos los casos.

3.1 Topología Variable de Estado KHN

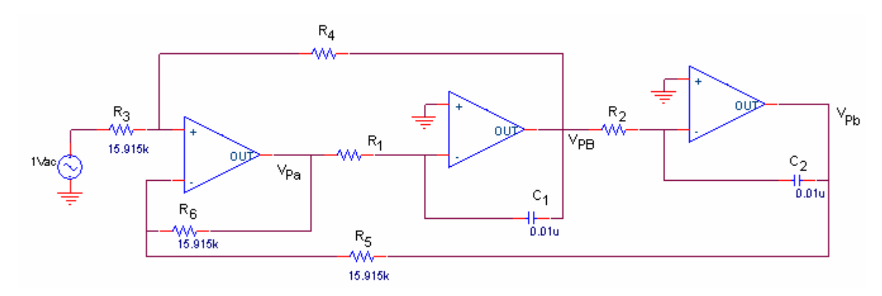


Figura 4 Configuración KHN.

La configuración KHN se muestra en la Figura 4, las ecuaciones de diseño se muestran a continuación

Componente	**Valor**
$C_1=C_2=C$	0.01µF
$R_1=R_2=R$	$\frac{15.915k}{\omega_n}\,\Omega$
$R_3=R_5=R_6$	15.915 kΩ
R_4	(2Q-1)*15.915 kΩ

La ganancia está dada por:

$$\text{Pasa-bajas y pasa-altas: } H_0 = \frac{2Q-1}{Q}$$

$$\text{Pasa-banda: } H_0 = 1-2Q$$

3.2 Topología Variable de Estado Tow-Thomas

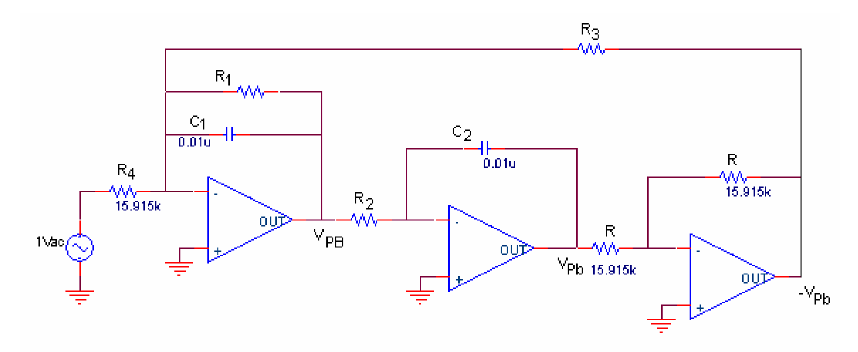


Figura 5 Configuración Variable de Estado Tow-Thomas.

La figura 5 ilustra la configuración Tow-Thomas, las ecuaciones de diseño sintetizadas son:

Componente	Valor
C	0.01 µF
R	15.915 k
$R_2=R_3$	$\frac{kz}{\omega_n}$
R_1	QR_2

La ganancia está dada por:

$$H_{0Pb} = \frac{R_2}{R}; \qquad |H_{0PB}| = \frac{R_1}{R}$$

3.3 Topología KHN Bicuadrática

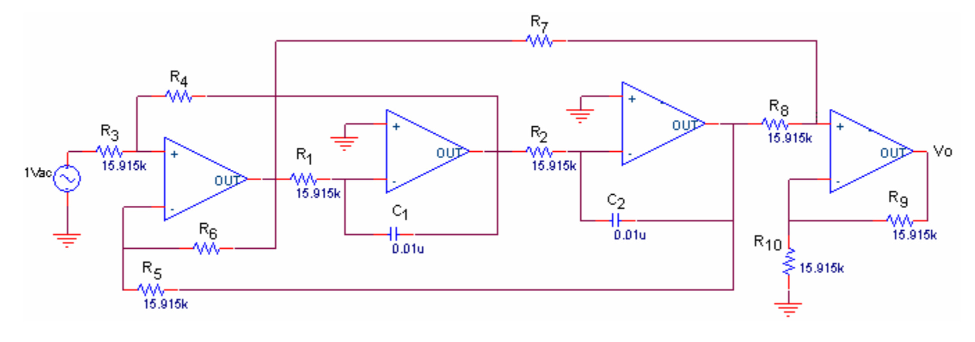


Figura 6.Configuración KHN Bicuadrática.

La imagen anterior (Figura 6) muestra esta configuración. Las ecuaciones de diseño sintetizadas son las siguientes:

Componente	Valor
$C_1=C_2=C$	0.01µF
$R_1=R_2$	15.915 kΩ
$R_3=R_5=R_8=R_9=R_{10}$	15.915 kΩ
R_4	$R_4=\left[\frac{Q_p(1+R_6)}{\sqrt{R_6}}-1\right]\cdot k_z$
R_6	$R_6=\omega_p^2 \cdot k_z$
R_7	$R_7=\omega_z^2 \cdot k_z$

No se plantea ninguna ecuación de diseño que se relacione con la ganancia de la señal de salida para esta configuración, por lo tanto H es un valor variable.

3.4 Topología Tow-Thomas Bicuadrática

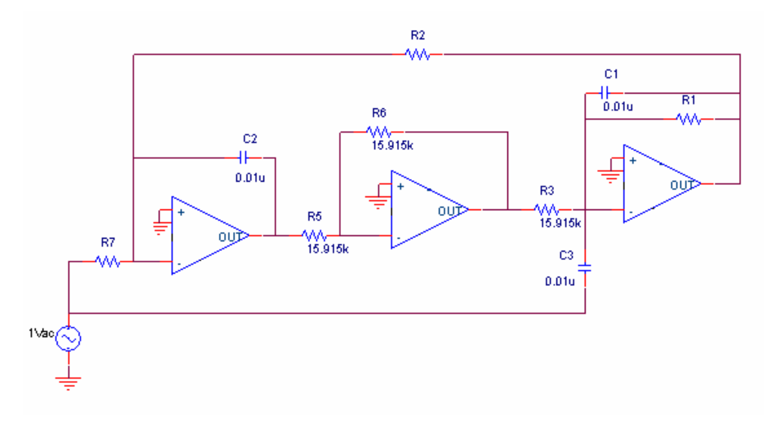


Figura 7. Configuración Tow-Thomas Bicuadrático.

La Figura 7 ilustra esta configuración. Las ecuaciones de diseño sintetizadas se presentan a continuación:

Componente	Valor
$C_1=C_2=C_3$	0.01µF
R_1	$Q_p\sqrt{R_2}*k_z$

R_2	$\frac{1}{C^2 \omega_p^2} * k_z$
$R_3=R_5=R_6$	15.915 kΩ
$R_4=R_8$	∞
R_7	$\frac{1}{C^2 \omega_z^2} * k_z$

No se presenta ninguna ecuación que relacione al parámetro *H* por lo que de manera teórica no se puede conocer su valor.

3.5 Topología Akeberg-Mossberg Bicuadrática

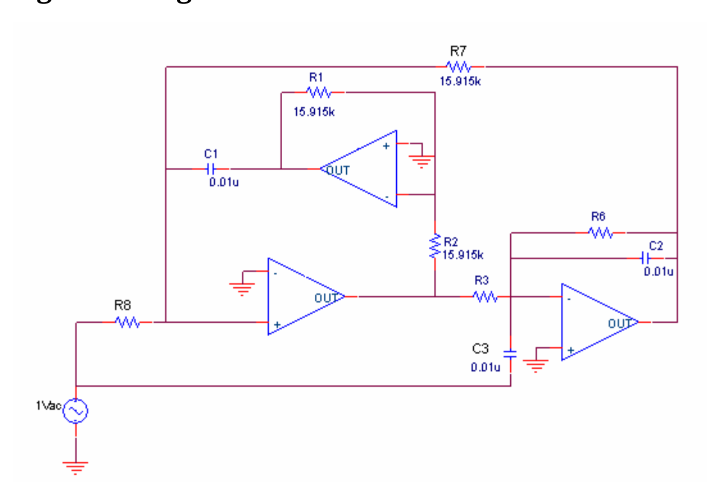


Figura 8 Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática.

Las ecuaciones de diseño sintetizadas para la configuración de la Figura 8 se expresan como:

Componente	**Valor**	**Componente**	**Valor**
$C_1=C_2=C_3=C$	0.01 µF	R_3	$R_3 = \frac{1}{R^2 C^2 \omega_p^2} \cdot k_z$
$R_1=R_2=R_7=R$	15.915 kΩ	R_6	$R_6 = Q_P \sqrt{R_3} k_z$
R_4, R_5	----	R_8	$R_8 = \frac{1}{\omega_Z^2 R_3 C^2} \cdot k_z$

3.6 Filtro Activo Universal

Tanto para el caso No Inversor e Inversor la ganancia es unitaria y se fijan los valores de los siguientes componentes:

C_1=C_2= 1 nF, R_4=R_5= 100 kΩ, R_6 = 10 kΩ.

Para la Configuración No Inversora sea V_{inB}= 0 y R_8= ∞. Las ecuaciones de diseño son entonces:

	R_3	**R_7**	**R_1=R_2**
Pasa-Bajas	$\frac{316.2k\Omega}{Q}$	$\frac{100k\Omega}{3.162Q-1}$	$\frac{5.0329\times10^4}{f_n}k\Omega$
Pasa-Banda	100 kΩ	$\frac{100k\Omega}{3.4785Q-2}$	
Pasa-Altas	$\frac{31.62k\Omega}{Q}$	$\frac{100k\Omega}{0.3162Q-1}$	

Aunque en la síntesis del diseño se contempla ganancia unitaria, se incluyen las ecuaciones de cada una de ganancias para las diferentes salidas:

$H_{0\text{-}LP}$: $H_0 = \frac{1+R_5/R_6}{1+R_3/R_4+R_3/R_7}$; $H_{0\text{-}BP}: H_0 = -\frac{R_4}{R_3}$; $H_{0\text{-}HP}$: $H_0 = \frac{1+R_6/R_5}{1+R_3/R_4+R_3/R_7}$

Obsérvese que se invierte la señal de salida para el caso pasa-banda

Para el caso Inversor se considera a V_{inA}= 0 y R_3= ∞. Las ecuaciones para este caso son las siguientes:

	R_7	**R_8**	**R_1=R_2**
Pasa-Bajas	$\frac{100k\Omega}{3.7947Q-1}$	100 kΩ	$\frac{5.0329\times10^4}{f_n}k\Omega$
Pasa-Banda	$\frac{100k\Omega}{3.4785Q-1}$	$31.62Qk\Omega$	
Pasa-Altas	$\frac{100k\Omega}{6.6402Q-1}$	10 kΩ	

Las expresiones de la ganancia están dadas por:

$$H_{0\text{-}LP}:\ H_0 = -\frac{R_5}{R_8}; \qquad H_{0\text{-}BP}:\ H_0 = \frac{1 + R_4/R_7}{1 + R_8/R_6 + R_8/R_5}; \qquad H_{0\text{-}HP}:\ H_0 = -\frac{R_6}{R_8}$$

La señal es invertida para los casos pasa-bajas y pasa-altas. La Figura 9 muestra la topología resultante.

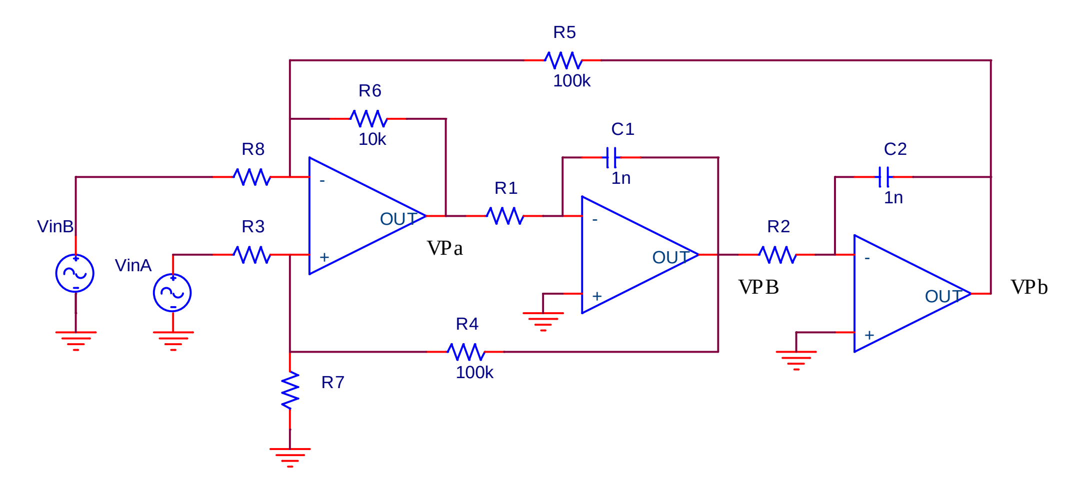


Figura 9 Configuración Filtro Activo Universal

* NOTA: Para cualquiera de los casos del Filtro Activo Universal, la señal de salida es invertida únicamente en la frecuencia de corte especificada.

4. Ejercicios Sugeridos

EJERCICIO 1. Configuración Sallen-Key

Objetivo*:* Observar el comportamiento de la señal de salida al variar el orden del filtro. Comparar la aproximación máximamente plana con la aproximación Chebyshev.

Lectura: Quiroz, Córdova Gabriela, "Tesis: Laboratorio Analógico", *Aproximación Butterworth pág.28-31, Aproximación Chebyshev pág31-35, Filtro Sallen-Key pág. 40-42.*

Desarrollo: Elige de la tabla 1, el valor de la resistencia R_3 de acuerdo al orden de filtro que deseas implementar. Coloca esta resistencia sobre la base conectora correspondiente. Realiza el barrido en frecuencia para cada caso.

Tabla 1. Valores de resistencias R_3.

Orden	R_3
2	27 kΩ

3	47 kΩ
4	7.155 kΩ
5	17.952 kΩ
6	3.203 kΩ

Suministra la señal de entrada Vac al filtro Sallen-Key que realiza la aproximación Chebyshev pasa-bajas de segundo orden. De nuevo realiza el barrido en frecuencia para este caso.

Preguntas:

1. Explica que sucede al ir incrementando el orden del filtro. ¿Qué sucede con la banda de transición?
2. ¿Qué diferencias existen entre el tipo de aproximación Butterworth y Chebyshev?
3. ¿Qué ventajas y/o desventajas existen entre estas dos aproximaciones?

EJERCICIO 2. Configuración Variable de Estado KHN

Objetivo: Observar el comportamiento que se presenta en la señal de salida con la implementación de esta configuración.

Lectura: Quiroz, Córdova Gabriela, "Tesis: Laboratorio Analógico", *Aproximación Butterworth pág.28-31, Filtro Variable de Estado KHN pág. 42-44.*

Desarrollo: Se requiere implementar un filtro pasa-altas que tenga como características: aproximación máximamente plana, orden n=2, frecuencia de corte fc=1000 Hz y una atenuación Amax = 3 dB.

Primero obtén la función de transferencia que cumpla con las características previamente especificadas. Posteriormente ocupa las ecuaciones de diseño que se proporcionan en esta guía para encontrar los valores de los componentes. Anota en la tabla estos valores.

R_1=R_2	
R_4	
H	

Realiza la simulación correspondiente a este filtro y después compáralo con el barrido en frecuencia.

Preguntas:

1. Para implementar este filtro se parte de una función de transferencia. Responde porque si o porque no fue necesario hacer el cambio de variable pasa-baja a pasa-alta a la función de transferencia.
2. El filtrado pasa-altas se obtiene a la salida del primer operacional. Sí cambias el marcador (en la simulación) o la punta del osciloscopio (sobre el circuito) a la salida del segundo o tercer operacional ¿Qué observas?
3. ¿A qué se debe que este filtro reciba el nombre de "Variable de Estado"?

EJERCICIO 3. Configuración Variable de Estado Tow-Thomas.

Objetivo: Comprender el comportamiento de los filtros de variable de estado al implementarse de orden mayor. Así como también el funcionamiento de la configuración Tow-Thomas.

Lectura: Quiroz, Córdova Gabriela, "Tesis: Laboratorio Analógico", *Aproximación Chebyshev pág. 31-35, Filtro Variable de Estado Tow-Thomas pág. 44-45..*

Desarrollo: Implementa el siguiente diseño: filtro pasa-bajas Chebyshev de quinto orden con Amax = 1 dB y fc=1kHz. Encuentra la función de transferencia correspondiente y encuentra los valores de los componentes que se te piden en la tabla.

Primera Etapa		Segunda Etapa		Circuito RC
R_1		R_1		R = C = 0.01 μF
R_2=R_3		R_2=R_3		
H		H		

Toma la señal de salida de V_{pb+}. Realiza un muestreo manual de la señal de salida y compárala con la que obtuviste a través de la simulación. Efectúa el barrido en frecuencia para observar el comportamiento del filtro.

Preguntas:

1. De manera teórica los picos de cada uno de los rizos deben de tener la misma amplitud. Ahora bien, en la práctica se cumple esto. En caso de que no se cumpla, explica porque.
2. Este filtro también es llamado *filtro resonador*. ¿Por qué?
3. Si sólo te interesa la respuesta en magnitud del filtro ¿existiría algún cambio en el comportamiento del filtro si se toma como salida V_{pb-}?

EJERCICIO 4. Configuración KHN-Bicuadrática.

Objetivo: Observar el funcionamiento de esta configuración así como también el comportamiento de un filtro elíptico.

Lectura: Quiroz, Córdova Gabriela, "Tesis: Laboratorio Analógico", *Aproximación Elíptica pág. 37-38, Filtro KHN Bicuadrático pág. 46-47.*

Desarrollo: Realiza un filtro elíptico que cumpla con las siguientes características: n=2; pasa-altas como tipo de filtrado; Amax = 1 dB; Amin = 11 dB; ω_c= 1; fc = 1kHz. Consulta las tablas para filtros elípticos que se muestran en la sección 5 para obtener la función de transferencia correspondiente y encuentra los valores de:

R_4	
R_6	
R_7	

Efectúa la simulación y el barrido en frecuencia.

Preguntas:

1. Menciona por lo menos dos características de la aproximación elíptica
2. ¿Qué ventajas y/o desventajas presenta este tipo de aproximación sobre otras aproximaciones?
3. Con respecto a la topología ¿qué efecto tiene el sumador?

EJERCICIO 5. Configuración Tow-Thomas Bicuadrática.

Objetivo: Implementar un filtro con aproximación Chebyshev Inversa y observar su comportamiento. Aprender a diseñar un filtro utilizando la configuración bicuadrática Tow-Thomas

Lectura: Quiroz, Córdova Gabriela, "Tesis: Laboratorio Analógico", *Aproximación Chebyshev Inversa pág. 35-37, Filtro Tow-Thomas Bicuadrático pág. 47-48.*

Desarrollo: Se requiere de un filtro que cumpla con las características: aproximación Chebyshev Inverso, pasa-altas como tipo de filtrado, orden n=3, Amax = 2 dB, Amin = 25 dB, fc= 1kHz. Realiza los cálculos necesarios para conocer los valores de lo siguiente:

R_1	
R_2	

R_7	
Circuito CR	
R	
C	
ω_s	

Después de implementar el filtro, verifica el comportamiento del mismo a través del barrido en frecuencia. Compara los resultados prácticos con los simulados. De igual manera, verifica que la ganancia en amplitud en las frecuencias f_c y f_s sean correctas.

Preguntas:

1. ¿Cuál es la principal característica de la aproximación Chebyshev Inversa?
2. Tanto para el caso par como el impar ¿De qué manera se cuentan los rizos de la banda de rechazo?
3. ¿Los polos Chebyshev Inverso son recíprocos de los polos Chebyshev? Si o No.
4. De la topología, ¿qué modificaciones tiene esta configuración con respecto a su versión de variable de estado?

EJERCICIO 6. Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática.

Objetivo: Desarrollar un filtro pasa-banda con aproximación Chebyshev Inverso. Observar las características del mismo, así como también ver el funcionamiento de esta topología.

Lectura: Quiroz, Córdova Gabriela, "Tesis: Laboratorio Analógico", *Aproximación Chebyshev Inverso pág.35-37, Filtro Akeberg-Mossberg Bicuadrático pág. 49-50.*

Desarrollo: Realiza un filtro pasa-banda de cuarto orden de aproximación Chebyshev Inverso con Amax=1 dB, Amin = 20 dB, f_0 = 1000 Hz y un ancho de banda de 2000 Hz. Encuentra la función de transferencia y calcula lo siguiente.

fc_1	
fc_2	
fs_1	
fs_2	

También encuentra los valores de los componentes:

Primera Etapa	Segunda Etapa

R_3		R_3	
R_6		R_6	
R_8		R_8	

Realiza el barrido en frecuencia. Comprueba que las frecuencias de corte y de rechazo sean correctas.

Preguntas:

1. Menciona la ecuación que relaciona la frecuencia de rechazo pasa-bajas con las frecuencias de rechazo f_{s1} y f_{s2} pasa-banda.
2. Para este caso, ¿Dónde están ubicados los ceros?¿Qué provoca tal ubicación en la respuesta del filtro?

EJERCICIO 7. Configuración Filtro Activo Universal.

Objetivo: Diferenciar los dos tipos de configuración que brinda esta topología. Así como observar las ventajas que tiene sobre otras topologías.

Lectura: Quiroz, Córdova Gabriela, "Tesis: Laboratorio Analógico", *Aproximación Chebyshev pág31-35, Filtro Activo Universal pág. 51-55.*

Desarrollo:

1. Elige la configuración que sea capaz de un filtro pasa-banda con ganancia H = -1, factor de calidad Q = 20 y frecuencia central en 1kHz. Anota en la tabla los valores de los componentes.

$R_1 = R_2$	
R_7	
R_8	

Comprueba el comportamiento del filtro por medio del barrido en frecuencia. Compara el muestreo práctico con el de la simulación.

2. Utilizando la configuración FAU Inversor implementa un filtro que cuente con las siguientes características: pasa-altas, Chebyshev, n = 4, Amin = 3 dB, fc= 1000 Hz. Anota en la tabla los valores de los componentes que debe llevar cada etapa.

Primera Etapa		Segunda Etapa	
$R_1 = R_2$		$R_1 = R_2$	
R_7		R_7	
R_8		R_8	

Asegúrate que tu filtro realice lo establecido por medio de la comparación entre el muestreo práctico-teórico y el barrido en frecuencia.

Preguntas:

1. ¿Consideras que el Filtro Activo Universal es un filtro de variable de estado? ¿Por qué?
2. ¿Qué señales de salida son invertidas en el FAU Inversor?¿En que frecuencia son invertidas?
3. ¿Qué señales de salida son invertidas en el FAU No Inversor?¿En que frecuencia son invertidas?

5. Tablas para Filtros pasa-bajas Elípticos

Odd and case *A* even: 1.0-dB passband ripple

n	ω_s	K_s (dB)	c_i	p_i	a_i	b_i
2	1.05	2.816	1.438664	$-.157083 \pm j1.068900$	.314166	1.167222
	1.10	4.025	1.714083	$-.229129 \pm j1.075841$	.458258	1.209934
	1.20	6.150	2.235990	$-.320565 \pm j1.064452$	.641131	1.235820
	1.50	11.194	3.927051	$-.439709 \pm j1.010488$	.879418	1.214431
	2.00	17.095	7.464102	$-.499471 \pm j\ .959482$	.998942	1.170077
3	1.05	8.134	1.205410	$-.065504 \pm j1.017106$	.131007	1.038796
				$-.947805$		
	1.10	11.480	1.370314	$-.097651 \pm j1.016303$	.195302	1.042407
				$-.816161$		
	1.20	16.209	1.699617	$-.136461 \pm j1.010059$	.272923	1.038841
				$-.701999$		
	1.50	25.176	2.806014	$-.187698 \pm j\ .994225$	.375396	1.023714
				$-.591015$		
	2.00	34.454	5.153209	$-.217034 \pm j\ .981575$	.434067	1.010594
				$-.539958$		
4	1.05	15.840	1.153634	$-.400926 \pm j\ .723958$	.801852	.684857
			3.312518	$-.036963 \pm j1.004642$	.073925	1.010671
	1.10	20.832	1.290925	$-.399229 \pm j\ .638481$	.798458	.567042
			4.349930	$-.054484 \pm j1.003351$	.108969	1.009681
	1.20	27.432	1.572430	$-.386971 \pm j\ .560447$	.773942	.463847
			6.224402	$-.075673 \pm j1.000256$	.151346	1.006238
	1.50	39.518	2.535553	$-.364988 \pm j\ .480692$	.729977	.364281
			12.099310	$-.104409 \pm j\ .993937$	.208819	.998811
	2.00	51.906	4.593261	$-.351273 \pm j\ .442498$	.702546	.319197
			24.227201	$-.121478 \pm j\ .989176$	.242957	.993226
5	1.05	24.135	1.133422	$-.181185 \pm j\ .858432$	.362371	.769820
			1.773739	$-.023559 \pm j1.001164$	.047118	1.002885
				$-.511794$		
	1.10	30.471	1.259320	$-.202145 \pm j\ .804785$	.404289	.688541
			2.193093	$-.034621 \pm j1.000221$	.069241	1.001640
				$-.446562$		
	1.20	38.757	1.521127	$-.217568 \pm j\ .748167$	.435136	.607089
			2.968367	$-.048084 \pm j\ .998478$	.096167	.999271
				$-.391579$		
	1.50	53.875	2.425515	$-.228875 \pm j\ .681678$	.457749	.517069
			5.437645	$-.066541 \pm j\ .995254$	.133081	.994957
				$-.337846$		
	2.00	69.360	4.364951	$-.232338 \pm j\ .646440$	.464676	.471866
			10.567732	$-.077625 \pm j\ .992914$	.155249	.991903
				$-.312599$		
6	1.05	32.523	1.123326	$-.340554 \pm j\ .466561$	.681109	.333656
			1.438664	$-.099253 \pm j\ .910440$	.198505	.838752
			6.528768	$-.016283 \pm j1.000095$	.032567	1.000456
	1.10	40.142	1.243362	$-.315089 \pm j\ .409244$	.630179	.266762
			1.714083	$-.118730 \pm j\ .874514$	.237461	.778873
			8.826455	$-.023927 \pm j\ .999416$	.047854	.999404